

4. Закалочное устройство для быстрого охлаждения тонкостенных заготовок: патент №19291 РБ на изобретение /Бетенья Г.Ф. [и др.], 2015.

5. Бетенья, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью/Г.Ф.Бетенья, Г.И. Анискович // Вестник БарГУ/ – 2013, вып. 1 – С. 152–159.

6. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники / Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10–12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С. 219–228.

7. Бетенья, Г.Ф., Анискович Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol. 15, №7 – С. 80–86.

8. Бетенья, Г.Ф. Объемные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники /Г.Ф. Бетенья [и др.]//Вестник Полоцкого государственного университета/ – 2012, №3, серия В. Промышленность. Прикладные науки. – С. 46–51.

9. Landmaschinenwelt 97/98. // Technische Anberungen Vorbehalten, 1997. – 181 с.

10. Bulk nanokristalline steel//ironmaking and steelmaking. – 2005. – V. 32. – P. 1–24.

УДК 631.173.4(07)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ МАШИН ПРИ НЕОБЕЗЛИЧЕННОМ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

*Студенты – Бобков В.Н., 19 рпт, 3 курс, ФТС;
Круглый П.С., 38 тс, 4 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Круглый П.Е., к.т.н., доцент;
Кашко В.М., ст. преподаватель*

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Приведена математическая модель оптимизации полнокомплектного резерва машин для обеспечения работоспособности технологических комплексов при необезличенном их использовании. Обоснованы величины полнокомплектного резерва машин для различных парков технологических комплексов при необезличенном их использовании.

Ключевые слова: работоспособность, полнокомплектный резерв, технологический комплекс, необезличенное использование машин.

Для моделирования процесса необезличенного взаимодействия работающих (основных) машин с резервными и системой ремонта так же

применим математический аппарат теории массового обслуживания и, в частности, ее закрытая модель, поскольку при конечном резерве параметр потока требований на ремонт является функцией количества машин, находящихся в системе ремонта. Применительно к нашей постановке задачи обслуживающие аппараты – резервные машины, обслуживаемые аппараты – основные. Включение в работу резервной машины при отказе основной можно представить как процесс обслуживания [1-5].

Рассмотрим парк, насчитывающий m машин, из которых m_r основные, а n находятся в ненагруженном резерве. Отказавшие машины восстанавливаются на посту ремонта N рабочими. Одновременно ремонтируется одна машина. Восстановленная основная машина возвращается экипажу, за которым она закреплена, а машина заменявшая отказавшую на время ее ремонта ставится в резерв.

Принимаем, что время восстановления работоспособности отказавшей машины подчинено экспоненциальному закону распределения.

Поток требований, поступающих в систему обслуживания, ограничен и не может превысить m_r . Он близок к простейшему с параметром λ .

Уравнения стационарного состояния в этом случае:

$$\begin{aligned} -\lambda m_p P_0 + \mu P_1 &= 0 \\ (m_p - k + 1)\lambda P_{k-1} - [(m_p - k)\lambda + k\mu]P_k + (k+1)\mu P_{k+1} &= 0 & (0 < k < n) \\ (m_p - k + 1)\lambda P_{k-1} - [m_p - k)\lambda + n\mu]P_k + n\mu P_{k+1} &= 0 & (n \leq k < m_p) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\lambda P_{m_p-1} - n\mu P_{m_p} = 0.$$

Целевая функция суммарных потерь от простоя трудовых и материальных ресурсов модели оптимизации резерва машин при необезличенном их использовании и состава службы ремонта имеет вид (для однопостовой системы ремонта)

$$\gamma_{\min}(m_p, n, N) = C_m(1 + Y_0)(1 - \eta_{\text{эн}} + K_3) + \frac{1}{m} \left[\left(C_0 + \sum_{j=1}^n C_j + C_0 \right) (1 - P_0)(1 + K) + C_0 P_0 \right]. \quad (2)$$

Таким образом, полученная целевая функция (2), дает возможность оптимизировать уровень резерва и состав ремонтной службы по экономическому критерию при необезличенном использовании машин.

Рассмотрим результаты расчета показателей функционирования парка машин с необезличенным резервом.

Оптимизация полнокомплектного резерва машин при необезличенном их использовании и количества ремонтных рабочих осуществлялась по целевой функции (2).

Расчеты выполненные при разных кратностях резервирования, а также изменяющемся количестве исполнителей на посту ремонта (1) для парка уборочного комплекса состоящего из десяти комбайнов позволили установить оптимум резервирования равным 2/8 при двух ремонтных рабочих. Коэффициент эксплуатационной надежности в этих условиях равен 0,8.

Таблица 1 – Показатели функционирования парков картофелеуборочных комбайнов с необезличенным резервом в зависимости от кратности резервирования при разном количестве рабочих на посту ремонта

Количество рабочих на посту, чел.	Показатели	Кратность резервирования n/m				
		1/9	2/8	3/7	4/6	5/5
1	Среднее число комбайнов:					
	отказавших m_2	5,572	2,512	1,647	1,351	1,124
	в резервных n_2	0,000	0,000	1,352	2,648	3,875
	работающих m_{cp}	4,427	7,487	7,000	6,000	5,000
	Коэффициент эксплуатационной надежности $\eta_{эн}$	0,442	0,748	0,700	0,600	0,500
2	Вероятность того, что все резервные комбайны свободны P_0	0,006	0,095	0,164	0,217	0,280
	m_2	2,780	1,123	0,867	0,737	0,614
	n_2	0	0,876	2,132	3,262	4,385
	m_{cp}	7,219	7,999	7,000	6,000	4,999
	$\eta_{эн}$	0,721	0,799	0,700	0,600	0,499
	P_0	0,129	0,332	0,399	0,456	0,519

Отметим, что характер изменения коэффициента эксплуатационной надежности в функции приведенной плотности отказов при различных кратностях резервирования аналогичен зависимости $\eta_{эн}$ от ρ для разных n/mr при обезличенном использовании техники. Эксплуатационная надежность при малых кратностях резервирования резко снижается с увеличением ρ . При возрастании кратности резервирования коэффициент $\eta_{эн}$ не зависит от ρ при его малых значениях и уменьшается с увеличением ρ . И, наконец, при больших кратностях резервирования коэффициент эксплуатационной надежности не зависит от этого параметра.

При увеличении кратности резервирования и постоянном количестве рабочих на посту эксплуатационная надежность парка комбайнов уборочного комплекса возрастает до определенного предела. Достигнув

максимального значения, коэффициент эксплуатационной надежности начинает уменьшаться. При изменении числа исполнителей на посту (кратность резервирования постоянная) эксплуатационная надежность увеличивается с ростом количества ремонтных рабочих также до определенного предела. Затем коэффициент эксплуатационной надежности становится постоянным.

Список использованных источников

1. Круглый П.Е. Обеспечение эксплуатационной надежности машинного парка технологических комплексов резервированием полнокомплектных машин и их составных частей. – В кн.: Современная сельскохозяйственная техника: исследование, проектирование, применение. – Материалы Международной научно-практической конференции. Минск, БГАТУ. – 2010, с. 81–87.
2. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Исследование и анализ потоков требований на обслуживание технических систем. Изобретатель № 9 (213), 2017. Ежемесячный научно-практический журнал ГКНТ НАН Беларуси. – Минск, 2017, с. 33–37.
3. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
4. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Исследование и анализ потоков восстановлений работоспособности технических систем. – Изобретатель №8-9 (224-225), 2018. – С. 37–41.
5. Круглый П.Е., Кашко В.М., Мисун А.Л. и др. Исследование и анализ ремонтпригодности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса. – В кн.: Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 24–25 октября 2019 года): в 2 ч. Ч.2 – С. 111–113.

УДК 631.3.004.67

ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Студенты – Ежелев Е.Ю., 38 тс, 4 курс, ФТС;
Круглый П.С., 38 тс, 4 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Круглый П.Е., к.т.н., доцент;
Мисун А.Л., ассистент*

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Выполнен анализ предпосылок применения математического аппарата факторного анализа при использовании автомобильных